



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV INFORMATIKY

INSTITUTE OF INFORMATICS

**NÁVRH ŘEŠENÍ PRO JEDNOTNÝ PRŮMYSLOVÝ
KOMUNIKAČNÍ SYSTÉM (ICS) OBJEKTU SLÉVÁRNY**

DRAFT SOLUTION OF UNIFIED INDUSTRIAL COMMUNICATION SYSTEM (ICS) FOR THE FOUNDRY
OBJECT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Dušek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Sedlák

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav informatiky
Student: **Jakub Dušek**
Studijní program: Systémové inženýrství a informatika
Studijní obor: Manažerská informatika
Vedoucí práce: **Ing. Petr Sedlák**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává bakalářskou práci s názvem:

Návrh řešení pro jednotný průmyslový komunikační systém (ICS) objektu slévárny

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Vymezení problému a cíle práce
Teoretická východiska práce
Analýza současného stavu
Vlastní návrh řešení a přínos návrhu řešení
Závěr
Seznam použité literatury
Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Cílem této bakalářské práce je návrh řešení pro jednotný průmyslový komunikační systém objektu slévárny, který může sloužit také jako zadávací dokumentace pro realizační projekt. Mezi základní požadavky patří především vysoká spolehlivost (bezporuchový chod) a bezpečnost provozu celého systému. Tím je dána kategorizace řešení, která bude respektovat požadavky na systém ICS (Industrial Control System) a sítě s maximální dostupností – MCN.

Základní literární prameny:

ANSI/TIA-1005-A-2012, Industrial Cabling standard. TIA. 2012.

DONAHUE, G. A. Kompletní průvodce síťového experta. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2247-1.

JORDÁN, V. a V. ONDRÁK. Infrastruktura komunikačních systémů I: univerzální kabelážní systémy. 2. rozšíř. vyd. Brno: CERM, Akademické nakladatelství, 2015. ISBN 978-80-214-5115-5.

KUROSE, J. F. a K. W. ROSS. Počítačové sítě. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3-25-0.

ODOM, W. Počítačové sítě bez předchozích znalostí. 1. vyd. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-25-0538-5.

PUŽMANOVÁ R. Moderní komunikační sítě od A do Z. 2. aktualiz. vyd. Praha: Computer Press, 2006. ISBN 80-251-1278-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně dne 28.2.2019

L. S.

doc. RNDr. Bedřich Půža, CSc.
ředitel

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem komplexní síťové infrastruktury v prostorách Slévárny Brno, která má nahradit nevyhovující infrastrukturu slévárny. V druhé části práce jsou vysvětleny pojmy počítačová síť, topologie sítí, Ethernet, sekce kabelážního systému a základní pojmy potřebné pro porozumění návrhu síťové infrastruktury. Třetí část se věnuje analýze současného stavu a stanovuje doporučení pro novou síťovou infrastrukturu. Poslední část se věnuje komplexnímu návrhu síťové infrastruktury v prostorách slévárny.

Abstract

This bachelor thesis deals with the design of a complex network infrastructure for the Brno foundry, which is supposed to replace the inadequate infrastructure within the foundry. In the second part of the thesis are explained the concepts of computer network, network topology, Ethernet, section of cabling system and basic concepts needed to understand network infrastructure design. The third part deals with the analysis of the current situation and sets out recommendations for a new network infrastructure. The last part deals with the complex design of the network infrastructure in the foundry premises.

Klíčové slova

Počítačová síť, topologie, kategorie, třída, optické kabely, metalické kabely, Ethernet, TCP/IP, RJ45

Key words

Computer network, topology, category, class, optical fiber cables, copper cables, Ethernet, TCP/IP, RJ45

Bibliografická citace

DUŠEK, Jakub. Návrh řešení pro jednotný průmyslový komunikační systém (ICS) objektu slévárny. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/119848>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav informatiky. Vedoucí práce Petr Sedlák.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 30. dubna 2019

.....

podpis studenta

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Petru Sedlákoví, dále pak panu Ing. Vilému Jordánovi za konzultace, cenné rady a praktické poznámky při zpracování mé bakalářské práce.

Obsah

Úvod	10
Vymezení problému a cíle práce.....	11
1 Teoretická východiska práce	12
1.1 Referenční model ISO/OSI	12
1.1.1 Jednotlivé vrstvy ISO/OSI.....	13
1.2 Architektura TCP/IP.....	14
1.3 Informační a komunikační technologie (ICT).....	15
1.4 Počítačová síť.....	16
1.4.1 Rozdělení sítí podle rozsahu	16
1.4.2 Topologie počítačové sítě	17
1.5 Ethernet	19
1.5.1 Kategorie Ethernetu	19
1.6 Prostředí přenosové komunikační infrastruktury	19
1.6.1 Metalické kabely.....	19
1.6.2 Optické kabely	21
1.6.3 Bezdrátové technologie – Wifi	23
1.7 Rozdělení metalických kabelů podle parametrů	24
1.8 Sekce kabelážního systému.....	25
1.8.1 Páteřní vedení	25
1.8.2 Horizontální vedení.....	25
1.8.3 Datový rozvaděč	26
1.8.4 Pracovní oblast.....	26
1.9 Stupně průmyslové ochrany	26
1.10 Automatizační ostrůvek.....	27
1.11 Normy kabelážních systémů.....	28

2	Analýza současného stavu	30
2.1	Členění problematiky	30
2.1.1	Administrativní část	30
2.1.2	Průmyslová část	30
2.2	Popis stávající infrastruktury.....	30
2.2.1	Topologie sítě	31
2.2.2	Optická páteř	31
2.2.3	Metallické vedení	32
2.2.4	Bezdrátové technologie – Wifi	33
2.2.5	Adresní prostory	34
2.2.6	Aktivní prvky sítě	34
2.2.7	Serverovna	35
2.2.8	Konektivita na Internet	36
2.3	Informační bezpečnost z pohledu ochrany dat.....	36
2.4	Informační bezpečnost z pohledu ochrany výrobních procesů	37
2.5	Dokumentace.....	37
2.6	Směrnice.....	37
2.7	Organizační opatření	37
2.8	Konstatování	37
2.9	Doporučení	38
2.9.1	Dílčí doporučení	38
2.9.1.1	Administrativní část	39
2.9.1.2	Průmyslová část	40
3	Návrh vlastního řešení.....	41
3.1	Základní atributy návrhu	41
3.1.1	Redundance.....	41

3.1.2	Modularita.....	41
3.1.3	Typizované řešení	42
3.2	Topologické řešení	42
3.2.1	Administrativní část.....	42
3.2.2	Výrobní (průmyslová) část	43
3.3	Technologické řešení	45
3.3.1	Administrativní část.....	45
3.3.2	Výrobní (průmyslová) část	45
3.4	Aktivní prvky řešení.....	47
3.4.1	Parametry aktivních prvků vychází z výše zmíněného.....	47
3.4.2	Aktivní prvky optické páteře	47
3.4.3	Napájení zařízení uzlových (páteřních) a přístupových bodů	49
3.5	Jednotná správa řešení.....	49
3.5.1	Management softwaru.....	49
3.6	Obecná specifikace materiálu	50
3.7	Ekonomické zhodnocení práce	51
3.7.1	Srovnání s komerčním řešením.....	52
4	ZÁVĚR	53
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	54
	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....	57
	SEZNAM ZKRATEK	58
	SEZNAM PŘÍLOH.....	59

Úvod

V mojí bakalářské práci se věnuji návrhu jednotného průmyslového komunikačního systému (ICS) pro objekt slévárny. Tato nově navrhnutá infrastruktura má za úkol nahradit původní nespolehlivou a díky komerčním prvokům špatně navrhnutou stávající infrastrukturu.

Nejdříve jsem si vytyčil cíle, kterých bych rád dosáhl, a ke kterým směřuji v rámci celé bakalářské práce.

V první části práce se věnuji osvětlení teorie potřebné pro správnou interpretaci mojí práce. Vysvětluji obecně důležité technické termíny jako ISO/OSI, ICS, topologie sítí atd., které by měla obsahovat každá práce zaměřená na informační systémy. Dále za zaměřuji na vysvětlení termínů, které jsou méně známé, jako například quad kabely, automatizační ostrůvek atd.

Další část se zabývá analýzou stavu před zahájením prací. Obsahuje fotodokumentaci nevhodných či špatně užitých prvků, díky kterým v místě provozu vznikají výpadky. Tyto výpadky jsou také hlavním důvodem pro začátek prací. Na konci kapitoly jsou jednotlivá doporučení, pro implementování nové infrastruktury.

Poslední část obsahuje samotné řešení infrastruktury, rozmístění rozvaděčů, jednotlivých tras a aktivních prvků. Na konci je obsaženo ekonomické zhodnocení.

Vymezení problému a cíle práce

Cílem této bakalářské práce je návrh řešení pro jednotný průmyslový komunikační systém (JPKS) objektu Slévárny Brno, který může sloužit také jako zadávací dokumentace pro realizační projekt.

Mezi základní požadavky patří především vysoká spolehlivost (bezporuchový chod) a bezpečnost provozu celého systému. Tím je dána kategorizace JPKS, která bude respektovat požadavky na systém ICS (Industrial Control System) a síť s maximální dostupností – MCN.

Tato spolehlivost je požadována z důvodu častých výpadků, které nastávají i několikrát do měsíce. Výpadky způsobují finanční problémy, protože každou hodinu, kdy slévárna není v provozu generují ztrátu 300 000 Kč/h.

Páteří vedení sítě, připojení k firemní počítačové síti a určitým portům horizontální sekce bude realizováno na platformě GE (1000 Mbit/s). Vedení horizontální sekce k řídicím systémům a ostatním portům bude řešeno na přenosové platformě fast internet (100 Mbit/s).

Celkové řešení systému musí splňovat podmínky na flexibilitu umístění přístupových bodů, v závislosti na změnách konkrétní konfigurace jednotlivých pracovišť.

Vysokou míru spolehlivosti bude zajišťovat použití průmyslových aktivních prvků, redundantních komunikačních tras a redundantních napájení aktivních prvků.

Provoz komunikačního systému bude nepřetržitě monitorován dohledovým a konfiguračním management softwarem.

1 Teoretická východiska práce

V teoretické části bakalářské práce se budu věnovat základními pojmy pro návrh vlastní sítě. Základem je dělení počítačových sítí, topologie, model ISO/OSI a pasivní a aktivní prvky kabeláže.

Tyto pojmy vysvětluji, protože je hodlám používat v analýze a návrhu řešení počítačové sítě.

1.1 Referenční model ISO/OSI

V počátku vývoje počítačových sítí začalo sítě vyvíjet několik firem najednou a díky tomu vzniklo několik nekompatibilních systémů. Hlavním důvodem sítí je, aby umožňovali komunikaci jednotlivých systémů mezi sebou a díky nekompatibilitě těchto systémů začala firma ISO vytvářet model OSI, který obsahuje 7 vrstev a pravidla jakým způsobem tyto vrstvy mezi sebou komunikují (1).

Principem modelu ISO/OSI je, že vyšší vrstva přebírá úkol od vrstvy, která je jí podřízená. Úkol je následně zpracován a předán vrstvě, která je vyšší. Způsob, jakým tyto vrstvy fungují na vertikální úrovni má na starost výrobce sítě. O horizontální spolupráci se stará model ISO/OSI (2).

Tento model popisuje základní teorie fungování sítě a pomáhá nám pochopit fungování sítě a jejich prvků. Při práci se sítěmi pro nás užitečný nebude, ale pro výrobce síťových komponent je důležitý (2).

Tabulka 1: Vrstvy referenčního modelu ISO/OSI. (Zdroj: Vlastní zpracování)

Aplikační vrstva
Prezentační vrstva
Relační vrstva
Transportní vrstva
Síťová vrstva
Linková vrstva
Fyzická vrstva

1.1.1 Jednotlivé vrstvy ISO/OSI

Úkol fyzické vrstvy je zajistit přenos jednotlivých bitů mezi odesílatelem a příjemcem prostřednictvím fyzického média. Práce této vrstvy je pouze odesílání a přijímání bitů, bez používání adresace (4).

Linková vrstva slouží pro přenos rámců (bloků dat) mezi uzly v rámci jedné lokální sítě. Tato vrstva poskytuje funkční a procedurální prostředky pro přenos dat mezi síťovými entitami. Dále může poskytovat prostředky k detekci a případně opravovat chyby, které se mohou vyskytnout ve fyzické vrstvě. Pro adresaci jsou využívány lokální adresy (MAC) (4).

Síťová vrstva je zodpovědná za předávání paketů včetně jejich směrování přes mezilehlé směrovače. Dále reaguje na požadavky z transportní vrstvy a vydává požadavky pro linkovou vrstvu. Pro adresaci se používá globální adresace (IP) (4).

Transportní vrstva umožňuje přímou adresaci aplikací (například v protokolech TCP/IP pomocí čísel portů). Zajišťuje kvalitu, spolehlivý přenos a transparentnost přenosu. Pomáhá vyrovnávat různé vlastnosti a kvalitu přenosových sítí. Provádí převod transportních adres na síťové, ale nestará se o směrování (4).

Relační vrstva organizuje a synchronizuje dialog mezi spolupracujícími relačními vrstvami obou systémů a řídit výměnu dat mezi nimi. Jednotkou přenosu je relace (spojení). Jejím úkolem je například udržování přihlášení na webové stránce. Je nejméně

vytíženou vrstvou z celého modelu. V této vrstvě není možná adresace, jelikož adresace proběhla již na 4. vrstvě (transportní vrstvě) (4).

Prezentační vrstva odpovídá za konverzi, přenos a formátování dat do podoby srozumitelné pro aplikační vrstvu a pro další zpracování nebo zobrazení. Typickým příkladem práce prezentační vrstvy je převod různých typů kódování textu do ASCII kódování, které je pro aplikační vrstvu srozumitelné. Stejně jako na relační vrstvě nemá smysl provádět adresaci, protože ta už proběhla na 4. vrstvě (transportní vrstvě) (4).

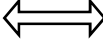
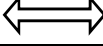
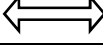
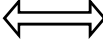
Aplikační vrstva je abstraktní vrstva, která specifikuje sdílené komunikační protokoly a metody rozhraní používané hostiteli v komunikační síti. Obsahuje standardizované části aplikací (přenos zpráv emailového klienta) a umožňuje spolupráci s nestandardizovanými částmi aplikací (např.: uživatelské rozhraní). Stejně jako předchozí vrstvy už neřeší adresaci, která byla vyřešena na transportní vrstvě (4).

1.2 Architektura TCP/IP

Pojem TCP/IP je označení pro sadu definovaných protokolů pro síťovou komunikaci. Tyto protokoly jsou IP (dělicí se děle na IPv4 a IPv6), ARP, ICMP, TCP, UDP a SCTP. Síťová architektura TCP/IP je současným standardem pro komunikaci mezi zařízeními v počítačové síti. Její plošné využití je zapříčiněno zejména díky volné dostupnosti a otevřenosti pro další vývoj. Její vznik byl postupný a často reagoval na aktuální požadavky (6).

TCP/IP se skládá ze čtyř vrstev oproti modelu ISO/OSI který se skládá ze sedmi vrstev. Model TCP/IP se ovšem nedá chápat jako alternativa k ISO/OSI, ale spíše jako architekturu nad ním používanou pro rodinu protokolů TCP/IP. Základní vrstvy TCP/IP jsou vrstva síťového rozhraní, síťová vrstva, transportní vrstva, aplikační vrstva (6).

Tabulka 2: Porovnání TCP/IP architektury a ISO/OSI modelu. (Zdroj: Vlastní zpracování)

TCP/IP		ISO/OSI
Aplikační vrstva		Aplikační vrstva
		Prezentační vrstva
		Relační vrstva
Transportní vrstva		Transportní vrstva
Síťová vrstva		Síťová vrstva
Vrstva síťového rozhraní		Linková vrstva
		Fyzická vrstva

Popis vrstev:

- Architektura TCP/IP je schopna využívat existující technologie přenosových síťových technologií (Ethernet, Fast Ethernet, Token Ring atd.), díky tomu nemá definovanou vrstvu síťového rozhraní (6).
- Síťová vrstva je nejnižší vrstvou, se kterou architektura TCP/IP pracuje pomocí jednotného přenosového protokolu IP (IP over everything – dokáže pracovat nad vším, co umí přenést data mezi uzly v síti) (6).
- Transportní vrstva zajišťuje bezchybný, koncový přenos dat ze zdrojového uzlu do cílového. Funkcí odpovídá transportní vrstvě z modelu ISO/OSI. K přenosu dat transportní vrstva využívá protokoly TCP a UDP (6).
- Poslední vrstvou architektury TCP/IP je aplikační vrstva, která obsahuje veškeré protokoly, které poskytuje konkrétní aplikaci. Tyto protokoly jsou například: http, https, HFS, FTP, DHCP a velké množství dalších (6).

1.3 Informační a komunikační technologie (ICT)

Informační a komunikační technologie, zkráceně ICT (Information and Communication Technologies), jsou souborem veškerých informačních technologií, které jsou využívány pro komunikaci a přenos informací. Jde o rozšíření informačních technologií (IT) o možnost komunikace, mezi jednotlivými počítači. Do ICT se počítají jak softwarové (operační systém, síťové protokoly atd.), tak hardwarové prvky (servery, switche, huby atd.) (5).

1.4 Počítačová síť

Počítačová síť je pojem označující vzájemně propojené dvě nebo více zařízení, která si mezi sebou předávají data, komunikují a sdílí data nebo zařízení (např.: tiskárny, servery, NAS atd.) (3).

Počítačové sítě se skládají z komunikační infrastruktury a koncových uzlů. Komunikační infrastruktura se dále dělí na pasivní vrstvu a aktivní prvky. Pasivní vrstva zahrnuje kabeláž, konektory, zásuvky, rozvaděče, kabelové trasy a v případě bezdrátových sítí i prostor, ve kterém jsou data přenášena. Mezi aktivní prvky patří všechna zařízení, která posílají data přijímají a zpracovávají. Jsou to například switche, routery, firewally, huby atd. (3).

1.4.1 Rozdělení sítí podle rozsahu

Rozsah sítě je možno rozdělit do několika kategorií, podle jejich rozsahu. Od nejmenšího jsou řazeny následovně: PAN, LAN, MAN, WAN (1).

- Personal Area Network (PAN) se dá přiblížit jako osobní síť, která je tvořená pouze zařízeními jedné osoby, jako jsou mobilní telefony, notebooky, tablety. Zahrnuje pouze zařízení, které jsou v dosahu této osoby a tím je její rozsah pouze v rámci metrů. Používá se pro komunikaci mezi zařízeními nebo k připojení k okolním sítím nebo internetu. Způsoby přenosu dat v této síti může být jak drátový (USB) tak bezdrátový (IrDA, Bluetooth) (3).
- Local Area Network (LAN) má větší rozsah a většinou se vztahuje na celý objekt nebo jeho část (budova, podlaží). Vyznačuje se vysokými přenosovými rychlostmi až v řádech Gbit/s. Nejčastější technologie využívané pro přenos signálu jsou Ethernet a Wi-Fi. Dříve se využíval také ARCNET a Token ring (1).
- Metropolitan Area Network (MAN) je rozlehlá počítačová síť, která se skládá z několika menších celků, které mohou být velké jako budovy nebo jejich části až po bloky měst. Jednotlivé podsítě jsou propojeny většinou pomocí Wi-Fi nebo optického kabelu. Metropolitní síť je optimalizovaná pro větší rozsah a dostupnost (1).
- Wide Area Network (WAN) se využívá pro spojování jednotlivých sítí typu LAN. Zaručuje, aby uživatelé a počítače na různých místech mohli komunikovat mezi

sebou. Jednotlivé uzly se nachází daleko od sebe (v různých městech nebo krajích). Propojení jednotlivých uzlů je realizováno pomocí propojovacích linek, které mohou být soukromé nebo pronajaté. Nejznámější a nejrozšířenější síť typu WAN je Internet (2).

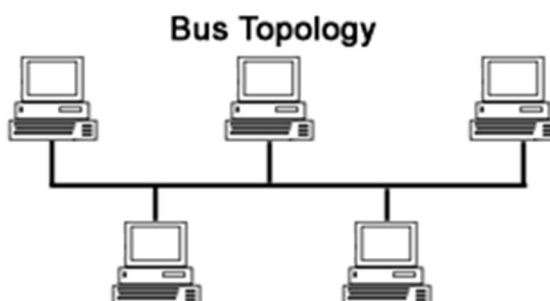
1.4.2 Topologie počítačové sítě

Topologie počítačové sítě popisuje umístění uzlů v síti, dá se na ni pohlížet jako mapu popisující rozložení uzlů a napomáhá jednodušší orientaci v síti. Fyzická topologie ukazuje přehled reálné kabeláže. Logická topologie se může od fyzické lišit, jelikož logická topologie ukazuje, jak po síti komunikují jednotlivá zařízení.

Základní typy topologií: sběrnice, kruh a hvězda (5).

1.4.2.1 Sběrníková topologie (BUS)

Stejně jako kruhová topologie, tak sběrníková topologie nemá centrální uzel. Propojení je realizováno z jednoho uzlu do druhého. Zapojení je realizováno pomocí odbočovacích prvků. Díky povaze této topologie je náchylná na poruchy vodičů a porucha jednoho dokáže vyřadit celou síť nebo její část (6).

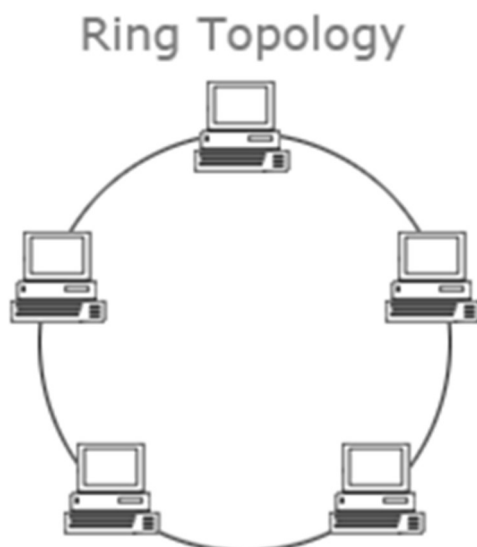


Obrázek 1: Sběrníková topologie. (9)

1.4.2.2 Kruhová topologie (RING)

Základem kruhové topologie není žádný centrální uzel. Každý uzel je propojený s předchozím a nadcházejícím uzlem. Toto propojení tvoří kruh a data jsou předávána z jednoho uzlu na druhý, dokud nedojde k cíli (9).

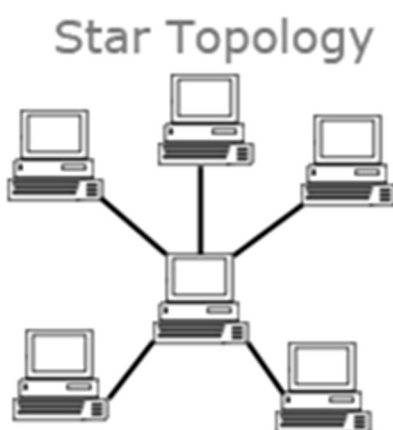
Díky tomuto kruhu je zaručena redundance v případě, že je spojení mezi maximálně dvěma uzly přerušeno (9).



Obrázek 2: Kruhová topologie. (9)

1.4.2.3 Hvězdicová topologie (STAR)

V této topologii se nachází centrální uzly ve formě switchů nebo hubů. K těmto uzlům se jednotlivá zařízení připojují a následovně komunikují jejich prostřednictvím. Tyto uzly se také starají v směrování v rámci sítě. Díky povaze sítě a možnosti zřídit redundantní trasy mezi jednotlivým uzly, je tato síť nejméně náchylná na poruchy. Nevýhodou této sítě je větší finanční náročnost a v případě, kdy je směrovací prvek špatně zvolen, stává se slabinou celé sítě (4).



Obrázek 3: Hvězdicová topologie. (9)

1.5 Ethernet

Tento standard byl vyvinut firmami Xerox a Intel v roce 1976. Stal se jedním z nejrozšířenějších standardů v sítích LAN. Pro využití Ethernetu se dá použít různých topologií, kabelů a různých aktivních prvků. Pro síť Ethernet je velmi důležité dodržování délky segmentů a teologických pravidel (3).

1.5.1 Kategorie Ethernetu

- Ethernet – nejstarší a dnes už nepoužívaný, rychlost přenosu 10 Mbit/s,
- Fast Ethernet (FE) – používá se pro síť s kabely s kroucenými páry (využívá 2 páry, proto se nadá použít koaxiální kabel), využívá přístupovou metodu CSMA/CD, rychlost přenosu 100 Mbit/s,
- Gigabit Ethernet (GE) – využití pro optické kabely a kabely s kroucenými páry (všechny 4 páry), rychlost přenosu 1 Gbit/s,
- 10 GB Ethernet – používají se optické kabely nebo kabely s kroucenými páry, přenosová vzdálenost může být až 100 km (pouze v případě single modového optického kabelu), přenosová rychlost 10 Gbit/s,
- 40 GB Ethernet – používají se pouze optické kabely, přenosová vzdálenost může být až 40 km (pouze v případě single modového optického kabelu), teoretická přenosová rychlost 40 Gbit/s,
- 100 GB Ethernet – je vlastnostmi velice blízky 40 GB Ethernetu, dokáže fungovat opět pouze na optických kabelech a s maximální vzdáleností do 80 km a teoretickou rychlostí 100 Gbit/s (5).

1.6 Prostředí přenosové komunikační infrastruktury

Jedná se o prostředí, ve kterém je uskutečněn datový přenos. V rámci mojí práce je využíváno metalických kabelů, optických kabelů a bezdrátové technologie Wi-Fi (5).

1.6.1 Metalické kabely

Data v rámci metalického kabelu jsou přenášena pomocí elektrických impulzů. Pro přenos dat mohou být použity různé druhy kabelů: symetrické kabely s kroucenými páry,

koaxiální, QUAD kabely a další. V této práci jsou z tohoto výběru vyžívány symetrické kabely s kroucenými páry, které jsou pro počítačové sítě nejvhodnější. Nevýhody metalických kabelů jsou rušení, omezený dosah (100 m), nižší přenosové rychlosti (10 Gbit/s, ve speciálních případech až 40 Gbit/s, ale na velmi nízké vzdálenosti (5).

symetrické kabely s kroucenými páry se liší podle mnoha parametrů. Mnou vybrané dělení bude podle konstrukce:

- Stíněné (fólií, opletením nebo kombinací opletení i fólie) nebo nestíněné kabely – stínění má za úkol zabránit, jak pronikání elektromagnetického pole k vodičům, které dokáže poškodit přenášený signál a tím jeho kvalitu, tak pronikání elektromagnetického pole z kabelů do okolí nebo okolních kabelů (5).

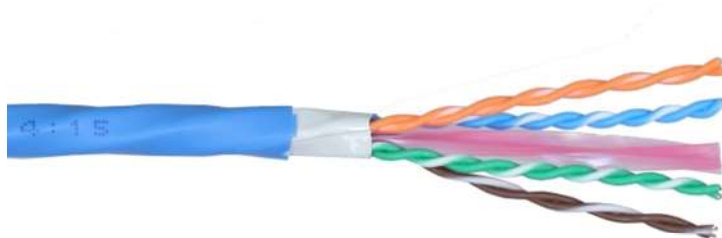


Obrázek 4: Nestíněný párový kabel. (11)



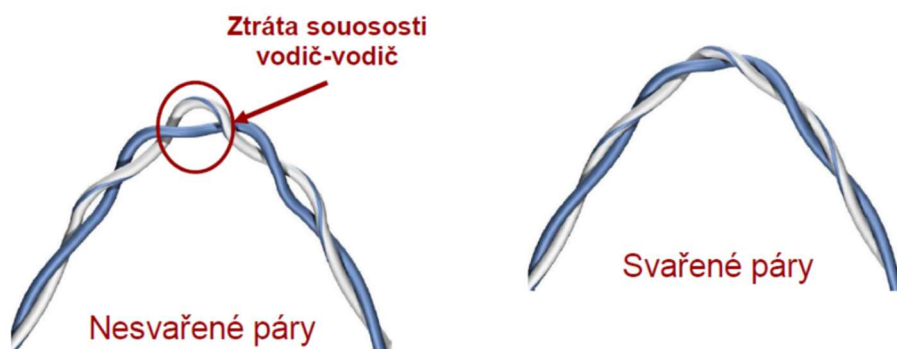
Obrázek 5: Stíněný párový kabel fólií (12)

- Kabely s prvky pro snížení přeslechů v rámci kabelů nebo bez nich. Vložením distančního prvku mezi jednotlivé páry kabelů můžeme dosáhnout snížení přeslechů (vzájemné rušení) mezi páry. Těchto distančních prvků existuje mnoho druhů např.: x-spline, e-spline, h-spline nebo separační páska (5).



Obrázek 6: Párový kabel s prvkem pro snížení přeslechů (15)

- Rozlišení kabelů v závislosti na symetrii párů z důvodu pouhého zkroucení párů nebo jejich svaření. Důvod pro svařování jednotlivých párů je snaha o docílení nejlepší možné kvality přenosu, a to především při jeho ohybu (5).



Obrázek 7: Srovnání symetrie páru při ostrém ohybu (13)

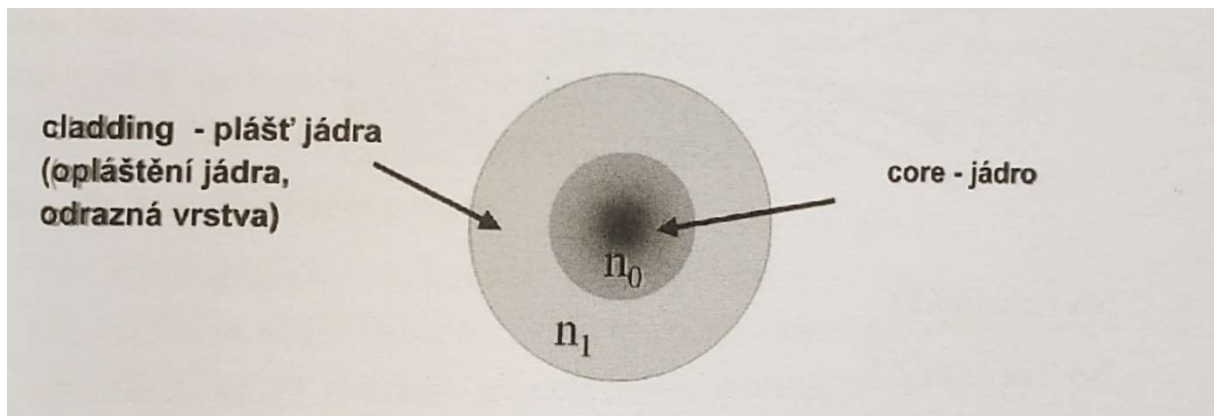
Existuje mnoho dalších způsobů pro dělení párových metalických kabelů, ty ale nejsou určené pro běžné užití, ale pro extrémní podmínky, především v průmyslu. Tyto možnosti jsou: stínění jednotlivých párů kabelů, prostorové uspořádání kabelů nebo armování (5).

1.6.2 Optické kabely

Na rozdíl od metalické kabeláže se pro přenos signálu nevyužívá elektrického signálu, ale je využíván světelný paprsek, který se šíří pomocí optického vlákna (skleněné, plastové). Výhod je oproti metalickým kabelům mnoho např.: vysoké přenosové rychlosti, přenosová kapacita, přenos na dlouhé vzdálenosti (až stovky kilometrů), eliminace problémů s přenosem pomocí elektrického signálu (rušení, indukce) (5).

Díky těmto vlastnostem se optická vlákna využívají v případě velkého a stíněním neodfytrovatelného rušení (výrobní haly, elektrárny) nebo pro přenosy na velké vzdálenosti (5).

Optická vlákna se dělí na dvě části, jádro (core) a plášť (cladding). Jádro je tvořeno z křemičitého skla s příměsí germania a slouží pro šíření světelného paprsku optickým vláknem. Plášť je tvořen čistým sklem nebo plastem, který je neoddělitelně spojen s jádrem a slouží jako odrazná vrstva (5).



Obrázek 8: Struktura optického vlákna (5)

1.6.2.1 Dělení optických vláken

Podle materiálu vlákna:

- a) Skleněná
- b) Plastová
- c) Kombinovaná (core – sklo, cladding – plast)

Každý typ vlákna se hodí a používá pro určité užití. Skleněná vlákna se používají v infrastruktuře komunikačních systémů, plastová vlákna většinou v přístrojové technice (letectvo, auta, audio) (5).

Podle průběhu indexu lomu:

- a) SI – Step index – skoková změna indexu lomu,
- b) MI – Multi step index – skoková změna indexu lomu s více stupni,
- c) GI – Gradient index – plynulá změna indexu lomu (5).

Podle přenosového módu (režimu) vlákna:

- a) SM – Single mode – jedno-vidový,
- b) MM – Multi mode – mnoha-vidový (5).

Podle průměru vlákna:

- a) 8 nebo 9 μm – režim přenosu SM, jádro SI, skleněné FO,
- b) 50 nebo 62,5 μm – režim přenosu MM, jádro GI, skleněné FO,
- c) 100 μm – režim přenosu MM, jádro SI, skleněné FO – nejstarší, již se nepoužívá,
- d) 980 μm – režim přenosu MM, jádra SI, MI, GI, POF – plastové (5).

Podle průměru pláště jádra (odrazné vrstvy):

- a) 125 μm u skleněných vláken s jádrem průměru 8, 9, 50 a 62,5 μm ,
- b) 140 μm u skleněných vláken s jádrem průměru 100 μm (téměř se již nepoužívá),
- c) 1000 μm u plastových vláken (5).

Podle ochrany vlákna:

- a) Primární – speciální lak, chrání FO proti vlhkosti, chemickým vlivům, na skleněném vlákně je aplikovaná vždy, průměr 250 μm (5).
- b) Těsná sekundární – jedna ze dvou variant mechanické ochrany vlákna. Tato ochrana je těsná platová bužírka, která je aplikovaná na primární ochranu. Její průměr je 900 μm a zajišťuje vlákně potřebnou pevnost a umožňuje instalaci optického konektoru (5).
- c) Volná sekundární – je druhou možností mechanické ochrany vláken. Několik vláken s primární ochranou je vloženo do trubičky a volný prostor je vyplněn gelem, průměr trubičky se odvíjí podle počtu vložených vláken. V případě tohoto typu sekundární ochrany je nutné zakončit vedení v optické vaně, protože jednotlivá vlákna mají pouze primární ochranu a nejsou dostatečně mechanicky odolná pro přímé zakončení (5).

1.6.3 Bezdrátové technologie – Wifi

Bezdrátová Wi-Fi technologie je v současné době nejrozšířenější způsobem bezdrátového připojení do počítačové sítě. V současné době jsou pro Wi-Fi využívána hlavně dvě pásma 2,4 GHz a 5 GHz a v nejnovější verzi byla přidána pásma mezi 1–7 GHz pro novou šestou generaci (8).

Tabulka 3: Základní vlastnosti standardů IEEE 802.11. (3)

Standard	Generace	Rok vydání	Pásmo [GHz]	Maximální rychlost [Mbit/s]
původní IEEE 802.11	-	1997	2,4	2
IEEE 802.11a	-	1999	5	54
IEEE 802.11b	-	1999	2,4	11
IEEE 802.11g	-	2003	2,4	54
IEEE 802.11n	Wi-Fi 4	2009	2,4 nebo 5	600
IEEE 802.11ac	Wi-Fi 5	2013	2,4 a 5	1 000
IEEE 802.11ax	Wi-Fi 6	2018	1–7	10 000

1.7 Rozdělení metalických kabelů podle parametrů

Při výběru vhodných kabelů pro realizaci projektu, je nutné zvážit konstrukci, dostupnou šířku pásma, odolnost a rychlost. V tabulce níže jsou vypsány jednotlivé kategorie i s jejich parametry. V současnosti používané kategorie jsou 5e – 8. Starší kategorie jsou pro dnešní užití v informačních technologiích příliš pomalé (5).

V současnosti nejnovější schválená kategorie je kategorie 8, která navyšuje nejvyšší rychlost i frekvenci, ale má i svá omezení ve svém užití. Maximální povolená vzdálenost pro využití její maximální rychlosti je 28 m (14).

Tabulka 4: Přehled klasifikací tříd a kategorií pro kabely komunikační infrastruktury (5)

Třída	Kategorie	Frekvenční rozsah	Rychlost
A	1	do 100kHz	1 Mb/s
B	2	do 1MHz	4 Mb/s
C	3	do 16MHz	10 Mb/s
-	4	do 20MHz	16 Mb/s
D	5	do 100MHz	100 Mb/s
D	5e	do 100MHz	1 Gb/s
E	6	do 250MHz	10 Gb/s
EA	6A	do 500MHz	10 Gb/s
F	7	do 600MHz	10 Gb/s
FA	7A	do 1000MHz	10 Gb/s
I a II	8	do 2000 MHz	40 Gb/s

1.8 Sekce kabelážního systému

Kabelážní systémy se dělí na jednotlivé sekce a každá z nich má svoje vlastní pravidla a normy, podle kterých se musí řídit.

1.8.1 Páteřní vedení

Páteřní vedení slouží k propojování datových rozvaděčů a dle řady norem ČSN EN 50173 je pro datové služby realizováno výhradně z optických kabelů (5).

1.8.2 Horizontální vedení

Úkolem horizontálního vedení je propojení rozvaděče s datovou zásuvkou na pracovišti. Nejedná se striktně o horizontální vedení, kabely mohou být vedeny i vertikálně. Dle řady norem ČSN EN 50173 je horizontální sekce většinou z metalických kabelů, je ovšem

možné použít i optické kabely – Fiber to Desk (využívají se kabely s plastovými optickými vlákny) (5).

V případě, kdy je horizontální sekce tvořena metalickými kabely, je dle normy maximální délka linky 90 m. Tato vzdálenost ovšem neplatí pro délku kabelu, ale pro délku elektrického vedení, které je vždy kratší než reálná délka kabelu, podle míry zkroucení jednotlivých párů (čím větší zkroucení, tím je délka menší). Obě strany linky (rozvaděč i zásuvka) musí mít zakončení všechny čtyři páry v Jacku typu RJ-45. Pro dosažení co nejlepších přenosových parametrů je vhodné mít na obou koncích Jack stejného typu se stejnou technologií zářezu. Pokud používáme stíněné kabely, je nutností zajistit kvalitní spojení mezi stíněním kabelu a stíněním Jacku. Uzemnění stíněné linky je uzemněno pouze v datovém rozvaděči, nikdy ne na straně, kde je datová zásuvka (5).

1.8.3 Datový rozvaděč

Datové rozvaděče jsou uzly, ve kterých jsou umístěny přepojovací panely, organizéry kabeláže, servery, switche, UPS a další zařízení. Do těchto uzlů vstupuje páteřní vedení a z něj vystupuje páteřní vedení, které pokračuje do jednotlivých datových zásuvek. Standardizované rozměry datového rozvaděče jsou uváděny v jednotkách U, což je standardní výška instalovaného panelu, šířka rozvaděče je 19 placů (5).

1.8.4 Pracovní oblast

Tato část zahrnuje připojovací kabely na jednotlivých pracovištích a propojovací kabely, které se nachází v datovém rozvaděči. Propojovací kabely v pracovní oblasti jsou zhotoveny z kabelu typu lanko, kvůli pružnosti a manipulovatelnosti. Vodič typu drát je nevhodný (5).

Horizontální linka a linka v pracovní oblasti dohromady tvoří horizontální kanál, jehož maximální povolená délka při použití metalických kabelů je 100 m (5).

1.9 Stupně průmyslové ochrany

Stupeň ochrany, udává svojí první číslem kódu odolnost před vniknutím pevných předmětů. Druhé číslo kódu hodnotí odolnost proti vodě (5).

Tento kód poté může vypadat například takto: IP67. Význam kódu nám říká, že proti pevným částicím má zařízení nejvyšší ochranu (číslice 6) a proti vodě druhou nejvyšší (číslovka 7) (5).

Tabulka 5: Značení stupně průmyslové ochrany (5)

1. číslo kódu	Význam
0x	Žádná ochrana
1x	Ochrana proti tělesům o průměru 50 mm a větším
2x	Ochrana proti tělesům o průměru 12,5 mm a větším
3x	Ochrana proti tělesům o průměru 2,5 mm a větším
4x	Ochrana proti tělesům o průměru 1 mm a větším
5x	Stejně jako 4x, ochrana před prachem
6x	Stejně jako 4x, prachotěsné
2. číslo kódu	Význam
x0	Žádná ochrana
x1	Ochrana proti svisle padajícím vodním kapkám
x2	Shodné s x1, sklon krytu po úhlem max. 15° od svislé osy
x3	Ochrana proti kropení vodou (deštěm) pod úhlem max. 60° od svislé osy
x4	Ochrana proti stříkající vodě z jakéhokoliv libovolného směru
x5	Ochrana proti tryskající vodě z jakéhokoliv libovolného směru
x6	Ochrana proti intenzivně tryskající vodě z jakéhokoliv libovolného směru
x7	Ochrana proti účinkům dočasného ponoření do vody
x8	Ochrana proti účinkům trvalého ponoření do vody

1.10 Automatizační ostrůvek

Automatizační ostrůvek se dá chápat jako část průmyslové oblasti, která díky svému prostředí a podmínkám (prašnost, vlhkost vzduchu, vysoké elektromagnetické rušení) nemusí splňovat normu ČSN EN 50173–3 pro průmyslové prostory (16).

Souhrn prvků, které jsou odlišné:

- Umožňuje systémy tzv. čtyřkových quad kabelů (všechny 4 vodiče zkrouceny najednou),
- Definuje automatizační ostrůvek,

- Definuje automatizační zásuvky a kabely,
- Předepisuje použití kabelů kategorie 6 a vyšších pro automatizační ostrůvky (16).

V případě tohoto projektu se využívají quad kabely s fólií, opletením a ocelovou chráničkou pro připojení Wi-Fi AP v průmyslové části, a navíc je v místě připojení k AP využita možnost přímého napojení kabelu do zařízení (bez zásuvky) (16).



Obrázek 9: Průřez quad kabelem (16).

1.11 Normy kabelážních systémů

Normu chápeme jako soubor doporučení, nicméně zákonná norma označuje nařízení, podle které se projekty musí řídit. Jedny z prvních norem vznikly v USA a z nich jsou odvozeny normy mezinárodní, evropské i národní (5).

V pro účely této práce jsou nejdůležitější evropské normy týkající se kabelážních systémů:

- a) ČSN EN 50173–1 Informační technologie – Univerzální kabelážní systémy – Část 1: Všeobecné požadavky (5)
- b) ČSN EN 50173–2 Informační technologie – Univerzální kabelážní systémy – Část 2: Kancelářské prostory (5)
- c) ČSN EN 50173–3 Informační technologie – Univerzální kabelážní systémy – Část 3: Průmyslové prostory (5)
- d) ČSN EN 50173–4 Informační technologie – Univerzální kabelážní systémy – Část 4: Obytné prostory (5)
- e) ČSN EN 50174–1 Informační technologie – Instalace kabelových rozvodů – Část 1: Specifikace a zabezpečení kvality (5)

- f) ČSN EN 50174–2 Informační technologie – Instalace kabelových rozvodů – Část 2:
Projektová příprava a výstavba v budovách (5)
- g) ČSN EN 50174–3 Informační technologie – Instalace kabelových rozvodů – Část 3:
Projektová příprava a výstavba vně budov (5)

2 Analýza současného stavu

Tato část práce se věnuje představení stávajícího stavu infrastruktury v rámci slévárny. Tato slévárna se nachází v Brně-Lišni a je součástí nadnárodní německé společnosti.

Hlavní část výroby slévárny se zabývá odlíváním velkých motorových, převodovkových a brzdových skříní, především z litinových materiálů.

2.1 Členění problematiky

Na základě předložené dokumentace a po fyzické prohlídce objektu jsem problematiku síťového auditu rozdělil na dva logické bloky – administrativní a výrobní (průmyslovou) část.

2.1.1 Administrativní část

Do této části je zařazena síťová infrastruktura v 1.np a 3.np administrativní budovy. Tyto prostory lze označit z elektrotechnického hlediska jako normální, tedy bez vnějších vlivů.

2.1.2 Průmyslová část

Do výrobní části jsou zařazeny všechny ostatní budovy, platí pro ně definice průmyslového prostředí, jelikož v nich probíhají těžké výrobní procesy (slévárna). Mezi vlivy průmyslového prostředí se počítá rozšířený rozsah pracovních teplot, agresivní prашné prostředí, venkovní vlhkost, mechanické otřesy a elektromagnetické záření.

Logicky je průmyslová část rozdělena ještě na dva funkční celky:

- síť určenou pro propojení zařízení ICT ve výrobě,
- síť PLC propojující výrobní automaty a řídicí jednotky technologických celků.

Sítě PLC nejsou součástí auditu síťové infrastruktury, jsou-li realizovány v uzavřeném nebo zónovém provedení.

2.2 Popis stávající infrastruktury

V současnosti je síťová infrastruktura ve stavu odpovídajícímu postupnému a dlouhodobému nekoordinovanému budování. Není zohledněn rozdíl mezi normálním

prostředím a průmyslovým prostředím. Nejedná se o certifikovaný kabelážní systém se systémovou zárukou výrobce, s největší pravděpodobností byla síťová infrastruktura generována svépomocí.

2.2.1 Topologie sítě

Současná síť je realizovaná do topologie hvězdy bez redundance na všech úrovních (topologická redundance, redundance zařízení a redundance napájení jednotlivých zařízení). S výjimkou vybraných koncových bodů, které jsou osazeny záložními zdroji napájení UPS, které jsou ovšem nevyhovující, jelikož to jsou zdroje určené pro komerční použití. Díky tomu nemohou splňovat požadavky pro provoz v průmyslovém řešení.



Obrázek 10: Velín Pískovna – UPS a aktivní prvek v průmyslovém prostředí

2.2.2 Optická páteř

Páteřní část optické sítě je realizovaná do hvězdy a její centrální bod se nachází v centrálním datovém rozvaděči v technologické místnosti. Tato páteřní síť je realizována MM 50 μm optickým kabelem zakončeným konektory SC. Optická páteř se skládá z pěti segmentů, které jsou zakončeny v podružných rozvaděčích 36, 37, HWS, Expedice

(Lakovna) s výjimkou páteřního segmentu, který je ukončen v závěsu na borovici v místě, kde původně stála buňka. Dále není jasné, kudy jsou trasy vedeny, protože o nich neexistuje dokumentace.

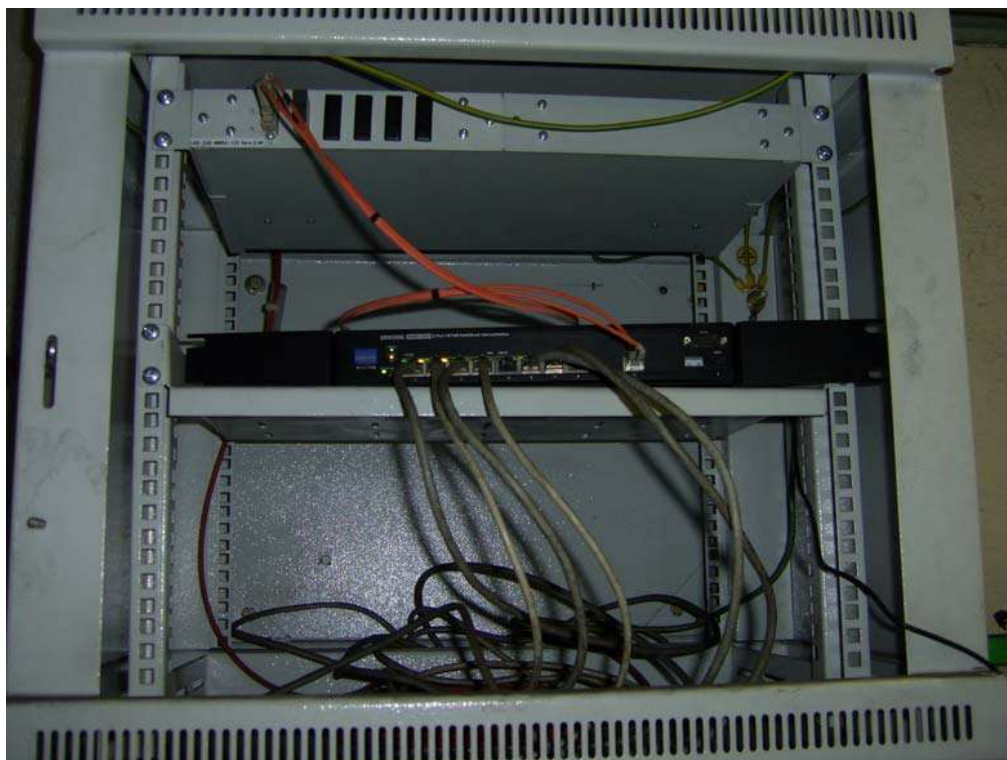


Obrázek 11: Ukončení optické páteřní trasy

2.2.3 Metalické vedení

Trasy metalických kabelů jsou většinou uloženy v PVC lištách, PVC kabelových žlabech, či volně svazkovány. Vedení je metalické v provedení UTP (nestíněná kabeláž značky Solarix a Tyco) kategorie 5e. Bylo budováno minimálně ve dvou etapách v administrativní části objektu. Kabely jsou zakončeny na patch panelech LYNX. Počet přípojných míst horizontální kabeláže je cca 250. Dokumentace kabeláže není dostatečná, jednotlivé kabely nejsou popsány a tím nejsou rozlišeny. Není ani jasné, kudy vedou jednotlivé trasy.

Přístup k podružným datovým rozvaděčům je poskytnut osobám, které vlastní klíč od dotyčných místností, u podružného rozvaděče DR HWS dokonce dveře úplně chybí.



Obrázek 12: Podružný DR HWS

V prostorách výroby jsou metalické segmenty realizovány připojením k rozvodným lávkám silnoproudu, případně vedeny po střeše výrobních hal v chráničkách. Nejsou respektovány základní pravidla realizace metalické kabeláže, jak z pohledu souběhů datových kabelů se silovým vedením, tak z pohledu elektromagnetické kompatibility.

Metalické segmenty jsou použity také pro propojení budov, což norma nepřipouští. Navíc délka těchto segmentů není známá, ale z hlediska geografického musí přesahovat normou danou délku 100 metrů, jako maximální délku metalického segmentu.

V průmyslových prostorách není dodržena norma ČSN EN 50173-3.

2.2.4 Bezdrátové technologie – Wifi

Byly rozpoznány asi čtyři bezdrátová zařízení pracující na standardu 802.11 umístěné v administrativní budově i ve výrobních prostorách.

Mimo tyto zařízení je v prostoru expedice instalováno bezdrátové proprietární řešení pro sběr dat z jednotlivých pracovišť s napojením na obslužné PC připojené na aktivní prvek v podružném datovém rozvaděči expedice (lakovny).

2.2.5 Adresní prostory

Z pohledu logické topologie je počítačová síť tzv. plochá, bez segmentace či zónového řešení.

Je zvolen privátní adresní prostor 192.168.200.0/24 s maskou 255.255.255.0, který se jeví jako nedostatečný.

Výrobní (průmyslová) část má určeny adresní prostory:

- 128.0.0.0/16 s maskou 255.255.0.0 (výrobní linka PLC HWS),
- 172.17.0.0/16 s maskou 255.255.0.0 (výrobní linka Eirich – pískovna).

Nešťastným se jeví propojení adresních prostorů počítačové sítě a sítě pro řízení výrobní linky Eirich (dochází ke smíchání adresních prostorů 192.168.200.0 a 172.17.0.0).

Nejsou realizovány žádná zařízení typu aplikační firewall (AFW).

2.2.6 Aktivní prvky sítě

V případě aktivních prvků není dodržována jednotná koncepce z pohledu výrobce, ani z pohledu typu zařízení. Z tohoto důvodu není možné využívat jednotnou koncepci pro management počítačové sítě.

Neexistují záznamy o využívání software pro správu počítačové sítě, a to ani ve formě vestavěné podoby (web management zařízení). Z toho vyplývá, že delší dobu nedocházelo k rutinní kontrolní činnosti, tím je ohrožena bezpečnost počítačové sítě a její stabilita.

Aktivní prvky s managementem jsou většinou spravovány v rámci outsourcingu, uživatel nemá přehled o dění na síťové infrastruktuře. Je plánováno nasazení správy sítě pomocí SW OpenSource Nagios.

Některé z aktivních prvků jak v administrativní, tak ve výrobní části jsou zcela nevhodně umístěny a provozovány. Neexistuje inventurní seznam a evidence užívání aktivních prvků v síti.

Dále se jedná o časté používání neadekvátních přístrojů, ať už nevhodného druhu, ale také nevhodné konstrukce.



Obrázek 13: Použitá neadekvátní technologie pro docházku a ovládání turniketů

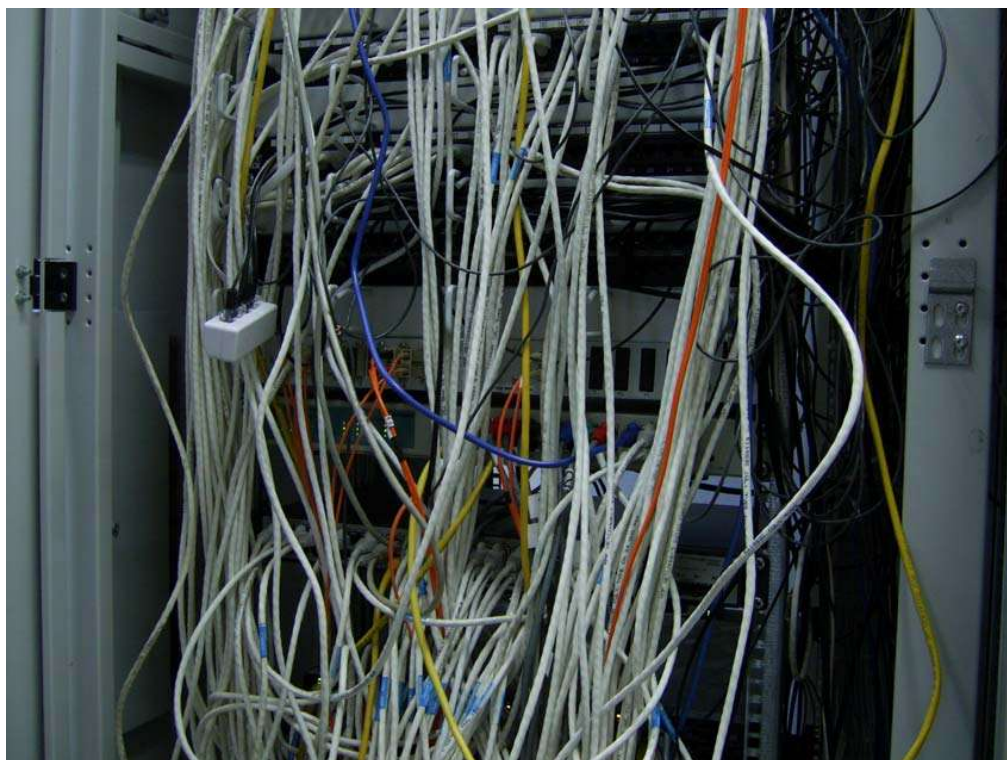
2.2.7 Serverovna

Serverovna, která slouží i pro jiné účely, k tomu nevhodné, je umístěna ve 3. podlaží administrativní budovy.

Je vybavena těmito datovými rozvaděči:

- samostatný nástěnný datový rozvaděč poskytovatele konektivity na Internet,
- stojanový datový rozvaděč pro ukončení horizontální kabeláže a centra optické páteře,
- stojanový datový rozvaděč pro servery, záložní zdroje UPS a telefonní ústřednu.

Oba stojanové datové rozvaděče jsou v provedení uzavřených skříní, takže možnost se vzhledem k využívání centrální klimatizace jeví jako nevhodné řešení. Tyto skříně ovšem nemohou být zavřeny z důvodu nevhodného uspořádání kabelů.



Obrázek 14: Hlavní DR – serverovna

Další nevhodnou praktikou je využívání technologické místnosti jako skladu spotřebního materiálu, vyřazených IT zařízení.

2.2.8 Konektivita na Internet

V serverovně je umístěn nástěnný podružný datový rozvaděč s technologiemi zabezpečujícími konektivitu na Internet (řešeno v rámci smlouvy s poskytovatelem bezdrátového řešení).

Bezdrátová konektivita je poskytnuta providerem GTS. Parametry konektivity jsou 8 Mb/s, v symetrickém připojení.

2.3 Informační bezpečnost z pohledu ochrany dat

Nebylo doloženo žádné systémové řešení. Dílčí prvky informační bezpečnosti (firewall, proxy server na PC s již nepodporovaným OS Windows XP) jsou řešeny formou outsourcingu.

2.4 Informační bezpečnost z pohledu ochrany výrobních procesů

Je řešena pouze lokálně na zařízeních PLC linky Laempe včetně vzdáleného dohledu přes modem.

U linek Eirich a HWS je třeba zvážit změnu systému dohledu z pozice informační bezpečnosti. Případné požadované řešení je závislé na dodavateli zařízení.

2.5 Dokumentace

Nebyla mi poskytnuta žádná aktuální dokumentace ohledně vedení optických tras, metalických tras, ani uspořádání jednotlivých rozvaděčů, z důvodu nesystémového vedení dokumentace ze strany slévárny. Existující plány vedení kabelů ve slévárně jsou zastaralé a neobsahují změny prováděné v průběhu provozu firmy.

Evidence stavu hardwaru je v podobném stavu jako výše uvedené plány rozvodů. Jediné záznamy existují pouze v ekonomickém IS a ty jsou pro moji bakalářskou práci nepoužitelné.

Evidence stavu software nebyla vyžadována.

2.6 Směrnice

Neexistují BCM, DR plán, ani žádné jiné směrnice (zálohování, uživatelé, přístupy atd.).

2.7 Organizační opatření

Je definována pozice CIO, prozatím je však řešena delegováním pravomocí, částečně i na outsourcing.

2.8 Konstatování

Dokumentace kabelážního systému nebyla předložena.

Neexistuje jednotný systém značení kabelážního systému.

Neexistuje logické schéma zapojení aktivních prvků sítě.

Dokumentace členění adresního prostoru je spravována externě (outsourcing), navíc není k dispozici aktuální stav.

Neexistuje nebo nebyla doložena celková koncepce (tzv. strategie ICT).

Neexistuje koncepce informační bezpečnosti.

Nejsou aplikována ani základní bezpečnostní opatření k zamezení či omezení informačních rizik a účinku hrozeb.

Neexistuje povinná dokumentace síťové infrastruktury.

2.9 Doporučení

Řešení problematiky síťové infrastruktury lze realizovat postupným plněním pěti základních kroků:

1. Vytvořením homogenního komunikačního prostředí splňujícího požadavky na spolehlivý a bezpečný rutinní provoz (konsolidace počítačové sítě LAN)
2. Vytvořením podmínek pro interní správu síťové infrastruktury
3. Vytvořením souboru směrnic (nejlépe ve formě příruček ITMS a ISMS)
4. Vypracováním metodiky postupného a soustavného školení správců a uživatelů
5. Vypracováním kontrolních mechanismů k postupnému zlepšování

Z výše uvedeného vyplývají následující doporučení:

- Stávající „funkční“ síťová infrastruktura není vhodná ke konsolidaci či rozšiřování.
- Konsolidaci síťové infrastruktury lze provést pouze vybudováním paralelního řešení dle celkové koncepce ICT (strategie ICT) s respektováním požadavků na profesionální průmyslové řešení.

Provést (dodavatelsky) návrh profesionálního řešení síťové infrastruktury pro výrobní podnik. V rámci IMS (Integrated Management System) a v souladu s již zavedeným ČSN EN ISO 9001 využít možnosti nastavení podmínek pro zavedení ČSN EN ISO/IEC 27001.

Přijmout organizační a technické doporučení pro bezpečný provoz síťové infrastruktury k omezení rizik a účinku hrozeb na informační aktiva organizace.

2.9.1 Dílčí doporučení

Vyhotovit logické blokové funkční schéma síťové infrastruktury a připojení výrobní části.

Rozklíčovat a zdokumentovat druhy síťových provozů.

V případě kamerového systému:

- Vytvořit metodiku provozování kamerového systému pro splnění základních povinností ukládaných zákonem o zpracování osobních údajů č. 110/2019 Sb. a zákoníku práce č. 262/2006 Sb., zejména § 316
- Vytvořit dokumentaci ke kamerovému systému
- Splnit oznamovací povinnost Úřadu pro ochranu osobních údajů (Provozování kamerového systému se záznamem je považováno za zpracování osobních údajů, které podléhá oznamovací povinnosti Úřadu pro ochranu osobních údajů podle zákona č. 110/2019 Sb.)
- Zažádat o souhlas se zpracováním osobních údajů prostřednictvím kamerového systému
- Označit prostory monitorované kamerou se záznamem

Doplnit základní školení a další zvyšování kvalifikace pracovníků IT v těchto oblastech:

- základní školení průmyslových řešení ICT (Industrial Ethernet),
- základní bezpečnostní školení v rámci ISMS.

Dle vypracovaných metodických pokynů vytvořit model školení všech uživatelů síťové infrastruktury (pravidelné strukturované školení zaměstnanců).

Vypracovat potřebné chybějící směrnice a metodiky.

2.9.1.1 Administrativní část

Provést podrobné zmapování administrativní sítě.

Vyhotovit dokumentaci současného stavu.

Navrhnout a provést konsolidaci metalických horizontálních rozvodů (1. a 3.np).

Sjednocení HW platformy aktivních prvků sítě pro potřeby managementu. Odstranit z technologické místnosti skladovaný materiál a následně nepotřebné zařízení bránící v činnostech při obsluze a servisu všech zařízení (datový rozvaděč, servery, konektivita na Internet) – což je řešeno níže zmíněnými bezpečnostní předpisy na obsluhu elektrických zařízení.

Je vhodné uvažovat o výměně uzavřeného datového rozvaděče za dvojité otevřený 19“ rám (tzv. Open Frame), kde není třeba v klimatizované místnosti řešit odvod tepla z

instalovaných zařízení přidáváním ventilační jednotky jako v případě klasického uzavřeného datového rozvaděče.

2.9.1.2 Průmyslová část

Provést podrobné zmapování optické páteře v celém areálu.

Veškeré požadavky na rozšiřování síťové infrastruktury řešit v rámci studie a celkové strategie ICT.

3 Návrh vlastního řešení

3.1 Základní atributy návrhu

Všechny atributy vychází z požadavku na bezpečný a spolehlivý provoz JKPS s plným respektováním rozdílných požadavků komerční infrastruktury od průmyslového řešení.

Charakteristika rozdílností je dána obecným schématem:

IT	–	Privacy First	–	„Protect the Data“
ICS	–	Safety First	–	„Protect the Process“

Tento aspekt shrnuje porovnávací tabulka:

Tabulka 6: Porovnávací tabulka (Zdroj: Vlastní zpracování)

Priorita	IT	ICS
1	Důvěrnost	Dostupnost
2	Integrita	Integrita
3	Dostupnost	Důvěrnost

Pro samotné řešení jsou stěžejní 3 základní atributy – redundance, modularita a typizované řešení.

3.1.1 Redundance

Redundance se chápe jako nadbytečnost potřebná k realizaci bezpečnosti a spolehlivosti.

Lze ji realizovat na třech úrovních:

- Topologická redundance (redundance tras)
- Redundance zařízení
- Redundance napájení zařízení

3.1.2 Modularita

Modularitou systémového návrhu se rozumí rozdělení technologického celku na dílčí části, odpovídající požadavkům a prioritám řešení.

Základním zadáním na modularitu je separátní realizovatelnost a funkčnost dílčích částí včetně realizací dle harmonogramu realizačního nebo realizačních projektů.

3.1.3 Typizované řešení

Typizovaným řešením se rozumí návrh dílčích částí na jednotné technologické platformě s požadavkem na jejich snadnou opakovatelnost a snadný servis.

Základem dodržení typizovaného řešení je návrh dílčích celků s jejich požadovanou funkcionalitou ve vrstveném provedení.

Typizované řešení je prioritně určeno pro výrobní (průmyslovou) část síťové infrastruktury (neboli JPKS).

Návrh neřeší:

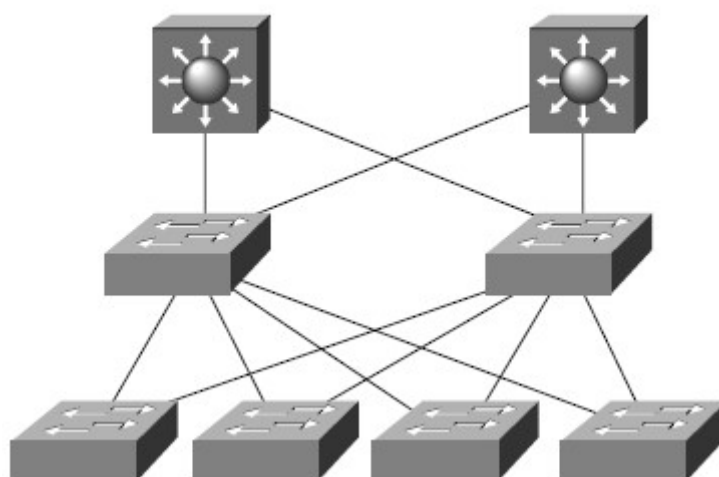
1. Trasy – fyzické provedení tras (úložný materiál, profily, umístění) a přesné délky kabelů.
2. Specifikovat přesné umístění datových zásuvek a dalších koncových bodů (např. připojení PLC), není dosud určeno přesné umístění připojení řídicích jednotek.
3. Vyřešit napájení a zálohování napájení jednotlivých komunikačních uzlů.

3.2 Topologické řešení

Vychází ze základního rozdělení návrhu řešení na dva základní celky (příloha č. 1) – administrativní a výrobní (průmyslovou) část včetně jejich bezpečného propojení s využitím redundance tras v páteřním rozvodu.

3.2.1 Administrativní část

Do této části je zařazena síťová infrastruktura v 1.np a 3.np administrativní budovy. Tyto prostory lze označit z elektrotechnického hlediska jako normální, tedy **bez vnějších vlivů**. Topologie rozvodů administrativní části je **distribovaná hvězda** (využívá hlavní a patrové datové rozvaděče).



Obrázek 15: Doporučená topologie administrativní části (Zdroj: Vlastní zpracování)

Ze závěrů dokumentu „Souhrnná zpráva posouzení síťové infrastruktury Slévárny Brno“ vyplývá nutnost konsolidace této části síťové infrastruktury. V rámci typizovaného řešení jsou navrženy dva druhy datových rozvaděčů – páteřní a podružný.

Pro serverovnu jsou navrženy datové rozvaděče **páteřní** (s ukončením optické páteře) i **patrový** (s ukončením horizontální metalické kabeláže 3.np administrativní budovy). Pro ukončení metalických rozvodů 1.np je navržen nástěnný patrový datový rozvaděč ve speciálním provedení.

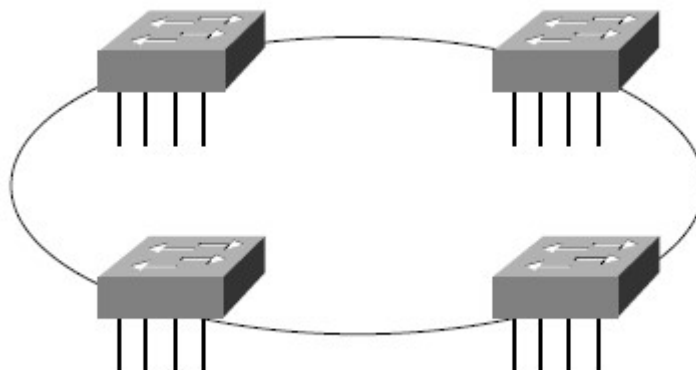
Součástí konsolidace kabeláže je její dokonalé zmapování a následné označení dle normy **ČSN EN 50173–2** Informační technologie – Univerzální kabelážní systémy – Část 2: Kancelářské prostory. Topologické napojení administrativní části je řešeno na páteřním aktivním prvku pomocí metalických portů.

3.2.2 Výrobní (průmyslová) část

Výrobní část, která úzce souvisí s výrobou a pro niž platí definice průmyslového prostředí je navržena jako technologický modulární celek plně respektující požadavky na síť s maximální dostupností.

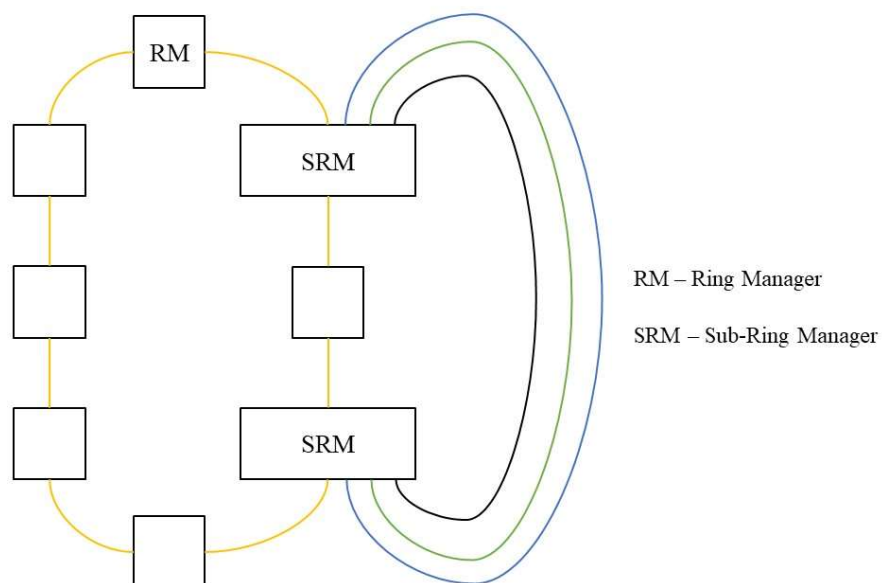
Z pohledu topologie to znamená návrh redundantní optické páteře v plně stavebnicovém provedení (pomocí typizovaných modulů).

Topologie rozvodů výrobní části je **kruh** (využívající páteřní datové rozvaděče speciální konstrukce pro průmyslové aplikace – tzv. uzlové body). Navíc topologie kruh automaticky splňuje požadavek na **redundantní řešení optické páteře**.



Obrázek 16: Doporučená topologie výrobní části (Zdroj: Vlastní zpracování)

Napojení přípojných bodů na páteřní trasy je jak v metalickém, tak v optickém provedení dle náročnosti prostředí, zvláště pak z pohledu elektromagnetické kompatibility – EMC). Elektromagnetické rušení je eliminováno optickými trasami. Z pohledu postupné konsolidace síťové infrastruktury v rámci výrobní části s předpokládaným etapovitým rozšiřováním topologie je zvolená topologie kruh (ring) velkou výhodou. Při rozšíření topologie se s výhodou použije principu **sub-ring** (podružných kruhů), kdy postupné rozšiřování topologie nemá vliv na stávající plně funkční řešení kruhu. Princip rozšiřování je patrný z následujícího obrázku.



Obrázek 17: Princip rozšíření kruhové topologie (Zdroj: Vlastní zpracování)

3.3 Technologické řešení

3.3.1 Administrativní část

Provedení datových rozvaděčů (páteřního a patrového) pro serverovnu je ve formě dvojitého otevřeného 19“ rámů (tzv. Open Frame). Hlavní výhody tohoto řešení pro klimatizované prostory jsou snadný odvod ztrátového tepla a jejich přístupnost z pohledu realizačního a provozního.

Datový rozvaděč podružný v nástěnném provedení je konstrukčně uzpůsoben k odejmutí kompletní „kapotáže“, tedy opět je výhodou přístupnost z pohledu realizačního a provozního. Navíc řeší nedostatečnou velikost stávajícího podružného datového rozvaděče pro 1.np administrativní budovy.

3.3.2 Výrobní (průmyslová) část

Výrobní část úzce souvisí s výrobou a platí pro ni definice průmyslového prostředí, protože se jedná o těžké výrobní procesy (slévárna), zejména s vnějšími vlivy typu

rozšířeného rozsahu pracovních teplot, agresivního prашného prostředí, venkovní vlhkosti a mechanických otřesů. Konstrukce páteřního datového rozvaděče je typizována pro použití v celé výrobní části. Jedná se o modulární prvek typu **páteřní bod**, který lze realizovat postupně dle priorit a potřeb. Platí však omezení související s připojováním těchto rozvaděčů postupně ke stávajícím rozvodům, dokud nebude vybudována základní páteřní topologie kruh. Konstrukce **uzlového bodu** je přizpůsobena aktivním prvkům v něm umístěných (DIN lišty). V uzlovém bodu se počítá s umístěním napájecího zdroje 24/48 V DC pro lokální potřeby, ale také pro potřeby napájení aktivních prvků v přípojných bodech. Konstrukce **přípojných bodů** je ve dvojím provedení. První řešení je určeno pro vícenásobné připojení zařízení pomocí metalických kabelů, druhé je určeno pro připojení maximálně dvou zařízení pomocí metalických kabelů. Liší se svým mechanickým provedením a osazením počtu portů v aktivním prvku. Funkce uzlového a přípojného bodu není dogma, funkčně lze přípojný bod většího rozsahu umístit do uzlového bodu přímo.

Optické páteřní vedení (příloha č. 2) je navrženo na optických kabelech v provedení minimálně OM2 s dostatečným počtem optických vláken – doporučeno 8 vláken. Ukončení optických vláken je v administrativní části v 19“ optických vanách na konektorech SC, v průmyslové části v uzlových bodech v modulárních průmyslových optických rozvaděcích na konektorech SC.

Je doporučena podpora klíčování na optických trasách z pohledu průmyslové informační bezpečnosti.

Přípojně body jsou realizovány malými průmyslovými rozvaděči uzavřeného typu s montážní přípravou pro aktivní prvky určené pro montáž na DIN lištu. Napájení těchto přípojných bodů je centrální z tzv. spádového uzlového bodu (do kterého je přípojný bod napojen). Toto napájení je stejnosměrné (odolné oproti elektromagnetickému rušení a výkyvům napájení či přepětí) o velikosti 24 nebo 48 V.

3.4 Aktivní prvky řešení

3.4.1 Parametry aktivních prvků vychází z výše zmíněného.

Tedy z logického řešení vyplývá několik základních bodů:

- výběr adresního prostoru a jeho smysluplné rozdělení
- výběr aktivních prvků pro administrativní část
- výběr aktivních prvků optické páteře
- výběr aktivních prvků pro napojení administrativní části
- výběr aktivních prvků pro přípojná body
- výběr průmyslových aplikačních firewallů (AFW) pro zónové řešení
- volba odpovídajícího management softwaru podporujícího zvolenou platformu aktivních prvků
- výběr bezdrátového řešení pro průmyslové provozy

Kritéria výběru jsou následující:

- pokud možno výběr jednotné platformy všech aktivních prvků
- všechny aktivní prvky musí mít společný dohledový (management) software
- typizace průmyslových 19“ aktivních prvků v páteřním rozvodu
- typizace průmyslových DIN aktivních prvků pro přípojná místa ve dvou provedeních (s různým počtem metalických portů)
- více odolné řešení bezdrátových technologií (nejlépe opět na jednotné platformě)
- podpora redundantní kruhové topologie
- podpora redundantních přenosových protokolů

3.4.2 Aktivní prvky optické páteře

Požadavky:

- L3/L2 přepínač GE
- průmyslové provedení 19“ montáží aktivních prvků, výška 1U
- plně modulární konstrukce
- zásuvné moduly pro metalické a optické segmenty
- bezventilátorové provedení

- redundantní napájení
- vestavěná podpora kruhové topologie RM (Ring Manager)
- vestavěná podpora kruhové topologie SRM (Sub-Ring Manager)
- plně managovatelné a kompatibilní se správcovským SW
- podpora redundantních přenosových protokolů RSTP, MRP, HiperRing, HSR, PRP

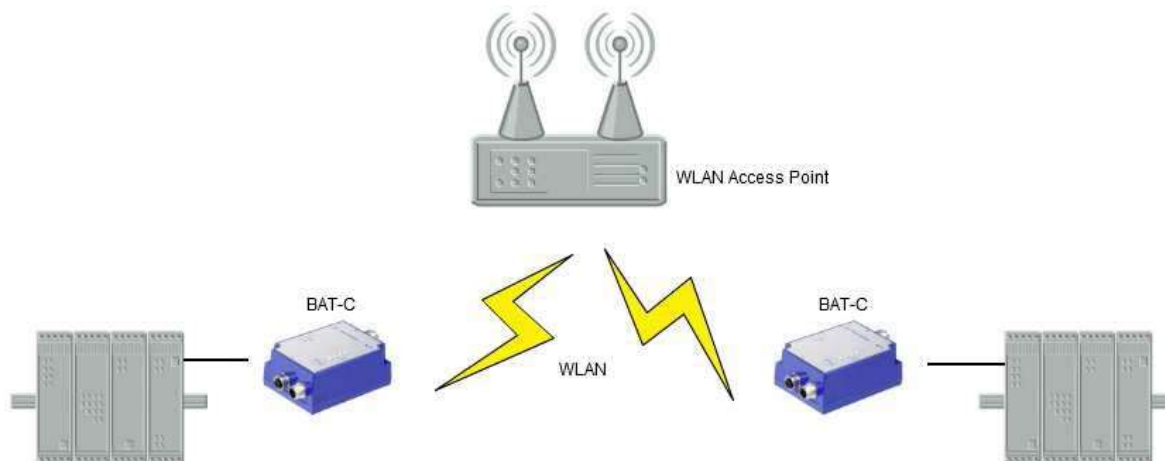
Aktivní prvky přípojných bodů

Požadavky:

- L2 přepínač FE, GE optické (combo) porty
- průmyslové provedení pro montáž na DIN lištu
- modulární konstrukce
- bezventilátorové provedení
- redundantní napájení 24/48 V DC
- vestavěná podpora kruhové topologie RM (Ring Manager)
- vestavěná podpora kruhové topologie SRM (Sub-Ring Manager)
- plně managovatelné a kompatibilní se správcovským SW
- podpora redundantních přenosových protokolů RSTP, MRP, HiperRing, HSR, PRP

Bezdrátové technologie – WiFi

Je prioritně požadováno řešení více odolné bezdrátové technologie pro těžký průmyslový provoz. Skládá se z několika zařízení typu AP připojených na páteřní aktivní prvek a z bezdrátového klienta pro zvláště těžké provozní podmínky (licí vůz). Požadované krytí IP65/IP67.



Obrázek 18: Příklad zapojení průmyslového WiFi (Zdroj: Vlastní zpracování)

3.4.3 Napájení zařízení uzlových (páteřních) a přístupových bodů

Doporučeno je zálohování napájení v páteřních uzlových bodech pomocí zařízení UPS v 19“ provedení se zástavnou výškou 1U, případně v průmyslovém provedení.

Napájení přístupových bodů je centrální s umístěním napájecího zdroje 230 V AC/24 nebo 48 V DC do uzlových rozvaděčů s napájecím vedením do rozvaděčů přípojných bodů.

3.5 Jednotná správa řešení

3.5.1 Management softwaru

Dohledový nástroj nad řešením JPKS s podporou centrální dohledové konzoly, který nepotřebuje serverovou instalaci, jednoduchý a robustní SW odpovídající průmyslovému řešení.

Základem je diagnostika redundantní průmyslové síťové infrastruktury. Management SW musí být postaven na bázi komunikace SNMP protokolu s využitím MIB databází jednotlivých aktivních prvků.

Součástí dohledu jsou možnosti:

- konfigurace zařízení
- dohled nad výkonností zařízení

- dohled nad chybovostí zařízení
- dohled nad informační bezpečností
- dohled nad událostmi v síťové infrastruktuře

Ideálním se jeví nasazení jednotného a sjednocujícího systému – **Central Mngmt Platform (CMP)**, který podporuje také plnou integraci zařízení AFW.

Příklady SW dohledových prostředků:

Klientské řešení:

HiDiscovery – SW prostředek pro vyhledávání zařízení v síti (IP, MAC).

HiView – SW prostředek ke konfiguraci jednotlivých zařízení a k přístupu na jejich webové rozhraní.

Klientské nebo serverové řešení pro více dohledových míst:

HiVision – komplexní prostředek k monitorování průmyslové sítě.

3.6 Obecná specifikace materiálu

Jedná se o typizované a modulární řešení na všech úrovních. Materiálová kniha je obsažena v příloze 3 a rozmístění jednotlivých prvků a příloze 2.

Tabulka 7: Obecná specifikace materiálu (Zdroj: Vlastní zpracování)

Specifikace materiálu pro páteřní bod
<ul style="list-style-type: none"> - průmyslový datový rozvaděč s 19“ montáží aktivních prvků - průmyslový modulární optický rozvaděč pro ukončení optické páteře - páteřní aktivní prvek typu switch v bezventilátorovém provedení - záložní zdroj napájení UPC 19“/1U
Specifikace materiálu pro uzlový bod
<ul style="list-style-type: none"> - průmyslový datový rozvaděč s 19“ montáží pro rozvodné panely (patch panely) - ukončení uzlových optických či metalických segmentů - montážní DIN lišta - uzlový aktivní prvek v bezventilátorovém provedení pro montáž na DIN lištu - průmyslový napájecí zdroj v bezventilátorovém provedení pro montáž na DIN lištu
Specifikace materiálu pro přípojný bod
<ul style="list-style-type: none"> - malý průmyslový datový rozvaděč - ukončení uzlových optických či metalických segmentů - montážní DIN lišta - přípojný aktivní prvek v bezventilátorovém provedení pro montáž na DIN lištu

3.7 Ekonomické zhodnocení práce

Návrh tohoto projektu jsem si rozdělil do několika částí.

První částí byla analýza současného stavu, během kterého šlo o rozdělené problematiky do jednotlivých úseků, se kterými se pracovalo dále. Tyto úseky zahrnovaly: popis stávající infrastruktury a všechny její části, shromáždění dokumentace, norem a směrnic a vypracování doporučení pro další postup.

Druhá část zahrnovala návrh řešení, které se opíralo o data, která pocházela ze samotné analýzy. Tato samostatná část se dělila na dvě hlavní části. Na návrh administrativní části a návrh části průmyslové.

Po dokončení projektu jsem vytvořil příklad materiálové knihy (příloha č. 3) a předal projekt společně s ní realizační firmě, která navrhla hrubý rozpočet na asi 6 500 000,- Kč bez DPH. Hodinovou sazbu za zpracování návrhu jsem měl určenu 1000,- Kč na hodinu.

Tabulka 8: Výpočet ceny projektu

	Počet hodin	Vyčíslení částek
První část	12 hodin	12 000,- Kč
Průzkum	8 hodin	8 000,- Kč
Shromáždění dokumentace	2 hodiny	2 000,- Kč
Doporučení	2 hodiny	2 000,- Kč
Druhá část	39 hodin	39 000,- Kč
Technologické řešení	30 hodin	30 000,- Kč
Návrh aktivních prvků a topologie	5 hodin	5 000,- Kč
Návrh správy řešení	4 hodin	4 000,- Kč
Celkové náhlady na projekt	51 hodin	51 000,- Kč

3.7.1 Srovnání s komerčním řešením

Cena návrhu komerční firmou se většinou pohybuje mezi 3–5 % z ceny projektu. Vzhledem k ceně a složitosti projektu by se cena pohybovala někde okolo 4,5 % z celkové ceny projektu. Tedy asi 292 000,- Kč což je v porovnání s mým řešením o 241 000,- Kč dražší. Tím je vytvořena značná finanční výhoda pro zadavatele projektu.

4 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navrhnout jednotné řešení průmyslové komunikační infrastruktury pro objekt Slévárny Brno. Což se mi povedlo, a to hned na několika úrovních.

Finanční zhodnocení celého projektu je následovné. Hlavní důvod, proč bylo vyžadováno zhotovení tohoto projektu, byla nespolehlivost stávající infrastruktury. Časté výpadky, způsobené využíváním komerčního řešení síťové infrastruktury v prostorách průmyslového objektu, tvořili ztrátu, která se v případě plného provozu Slévárny Brno vyšplhala na 300 000 Kč za každou hodiny přerušení práce. Takové výpadky se v minulosti odehrávaly 2–3 do měsíce na 6–10 hodin. Z tohoto důvodu je jednoduché obhájit cenu projektu, která se vyšplhala skoro na 10 milionů, díky tomu, že od spuštění infrastruktury na začátku roku 2018 se do dnešní doby neobjevil jediný výpadek způsobený síťovou infrastrukturou.

Další odvětví, které bych chtěl vyzdvihnout je možnost řízení všech aktivních prvků jednotným administrativním softwarem od firmy Hirschmann, a to i v případě, kdy není administrátor přímo připojený do sítě slévárny (je zajištěna kontrola na dálku skrz chytrý mobilní telefon, tablet nebo notebook).

Důležitým bodem, kterého mělo být dosaženo bylo dodržení flexibility připojení jednotlivých úseků a strojů. Tohoto záměru se povedlo dosáhnout díky využívání automatizačních ostrůvků.

V současné době je v provozu asi 85 % z celkového rozsahu plánů (příloha 1). Schématické zapojení optických tras v rámci objektu je obsaženo v příloze 2.

Tato bakalářská práce pro mě byla velkým přínosem pro moje studium. Díky ní jsem si vyzkoušel nejenom návrh sítě pro průmyslové prostředí, ale dokonce jsem se dostal do reálného prostředí při instalaci jednotlivých částí tohoto projektu. Způsob, kterým byl tento návrh tvořen, zahrnoval možnost instalace nové infrastruktury a přepínání na ni bez nutnosti přerušování práce Slévárny Brno. Hlavní optický kruh byl instalován postupně a stejně tak i uváděn do provozu. To znamená, že v počátcích projektu bylo využíváno topologie bus a teprve později po dokončení celého kruhu se přešlo na topologii kruhu. Po zprovoznění hlavní kruhové trasy už nic nebránilo dodělávání jednotlivých přípojek pro zařízení v rámci průmyslové části, které už jsou realizované metalickým i kabely.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- (1) DONAHUE, G. A. *Kompletní průvodce síťového experta*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2247-1.
- (2) ODOM, W. *Počítačové sítě bez předchozích znalostí*. Vyd. 1. Brno: CP Books, 2005. Cisco systems. ISBN 80-251-0538-5.
- (3) ONDRÁK, V. *Počítačové sítě [přednáška]*. Brno: VUT v Brně, Fakulta podnikatelská, 2014.
- (4) PUŽMANOVÁ, R. *TCP/IP v kostce*. 2., upr. a rozš. vyd. České Budějovice: Kopp, 2009. ISBN 978-80-7232-388-3.
- (5) JORDÁN, V. a V. ONDRÁK. *Infrastruktura komunikačních systémů I: univerzální kabelážní systémy*. Druhé, rozšířené vydání. Brno: CERM, Akademické nakladatelství, 2015. ISBN 978-80-214-5115-5.
- (6) DOSTÁLEK L. a A. KABELOVÁ. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 5. aktualizované vydání bestselleru. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-215-2236-5.
- (7) ANASTASI, G., E. BORGIA, M. CONTI a E. GREGORI. *IEEE 802.11 ad hoc networks: performance measurements* [online]. [cit. 2018-04-24]. ISBN 0-7695-1921-0. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1203643/>
- (8) GREGORI, E., Tzi-cker CHIUEH a A. RANIWALA. *Architecture and algorithms for an IEEE 802.11-based multi-channel wireless mesh network* [online]. [cit. 2018-04-24]. ISBN 0-7803-8968-9. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1498497/>
- (9) Computer Hope. *Computerhope.com* [online]. 2018 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <https://www.computerhope.com/>
- (10) Site.The.CZ. *site.the.cz* [online]. 2018 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://site.the.cz>
- (11) kassex.cz: *UTP Cat.5 350MHz* [online]. 2019 [cit. 2019-02-16]. Dostupné z: <https://www.kassex.cz/produkt/1700ENH.U0305>

- (12) kassex.cz: *FTP Cat.5* [online]. 2019 [cit. 2019-02-16]. Dostupné z: <https://www.kassex.cz/produkt/1633E.R0305>
- (13) kybez.cz: *Srovnání symetrie páru při ostrém ohybu* [online]. 2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://www.kybez.cz/clanky-vyhledavani/-/blogs/34743>
- (14) . Legrand.cz: *Nová Cat.8 konečně standardizovaná* [online]. 2019 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <https://www.legrand.cz/nova-cat8-konecne-standardizovana>
- (15) kassex.cz: *U/UTP Cat. 6A 4x2xAWG23* [online]. 2019 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://www.kassex.cz/produkt/10GB24.R0305>
- (16) ANIXTER. *A reference guide to: ANSI/TIA-1005*. Glenview: Anixter, 2011

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Sběrníková topologie. (9)	17
Obrázek 2: Kruhová topologie. (9)	18
Obrázek 3: Hvězdicová topologie. (9)	18
Obrázek 4: Nestíněný párový kabel. (11)	20
Obrázek 5: Stíněný párový kabel fólií (12)	20
Obrázek 6: Párový kabel s prvkem pro snížení přeslechů (15)	21
Obrázek 7: Srovnání symetrie páru při ostrém ohybu (13)	21
Obrázek 8: Struktura optického vlákna (5)	22
Obrázek 9: Průřez quad kabelem (16).	28
Obrázek 10: Velín Pískovna – UPS a aktivní prvek v průmyslovém prostředí.....	31
Obrázek 11: Ukončení optické páteřní trasy.....	32
Obrázek 12: Podružný DR HWS	33
Obrázek 13: Použitá neadekvátní technologie pro docházku a ovládání turniketů	35
Obrázek 14: Hlavní DR – serverovna	36
Obrázek 15: Doporučená topologie administrativní části (Zdroj: Vlastní zpracování)..	43
Obrázek 16: Doporučená topologie výrobní části (Zdroj: Vlastní zpracování).....	44
Obrázek 17: Princip rozšíření kruhové topologie (Zdroj: Vlastní zpracování)	45
Obrázek 18: Příklad zapojení průmyslového WiFi (Zdroj: Vlastní zpracování).....	49

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1: Vrstvy referenčního modelu ISO/OSI. (Zdroj: Vlastní zpracování)	13
Tabulka 2: Porovnání TCP/IP architektury a ISO/OSI modelu. (Zdroj: Vlastní zpracování).....	15
Tabulka 3: Základní vlastnosti standardů IEEE 802.11. (3).....	24
Tabulka 4: Přehled klasifikací tříd a kategorií pro kabely komunikační infrastruktury (5)	25
Tabulka 5: Značení stupně průmyslové ochrany (5)	27
Tabulka 6: Porovnávací tabulka (Zdroj: Vlastní zpracování).....	41
Tabulka 7: Obecná specifikace materiálu (Zdroj: Vlastní zpracování)	51
Tabulka 8: Výpočet ceny projektu.....	52

SEZNAM ZKRATEK

ICS – (Industrial Control Systém) značí dohledový systém nad výrobními či distribučními procesy.

IP – Internet Protocol

LAN – Local Area Network

MAN – Metropolitan Area Network

WAN – Wide Area Network

RJ45 – Registered Jack 45

UTP – Unshielded Twisted Pair

STP – Shielded Twisted Pair

UPS – Uninterruptible Power Supply

DR – Datový Rozvaděč

PP – Patch Panel

AP – Access Point

CIO – Chief Information Officer

PLC – Programovatelný logický automat (Programmable Logic Controller)

ICT – Information and Communication Technologies (Informační a komunikační technologie)

IMS – Integrated Management System (Integrovaný systém řízení)

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

IrDA – Infrared Data Association

ISO/OSI – International Standards Organization / Open Systems

FO – (Fiber Optic) optický port

FE – (Fast Ethernet) je označení pro síť Ethernet s přenosovou rychlostí 100 Mb/s

GE – (Gigabit Ethernet) je označení pro síť Ethernet s přenosovou rychlostí 1000 Mb/s

WS – (Work Station) je označení obecné pracovní stanice v síti

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Schématické plány infrastruktury.....	I
Příloha č. 2: Optické trasy a rozvaděče.....	II
Příloha č. 3: Příklad materiálové knihy	III